

ニンニクの二次生長の形態とその発生に 及ぼす日長と肥料要素の影響

高 樹 英 明

(山形大学農学部蔬菜園芸学研究室)

(平成2年9月1日受理)

Morphology of Secondary Growth of Garlic and Effects of Photoperiod and Fertilizer on the Secondary Growth

Hideaki TAKAGI

Laboratory of Vegetable Crop Science, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan

(Received September 1, 1990)

Summary

The author investigated morphology of secondarily growing lateral buds (when these buds grow normally, not secondarily, they develop into cloves) of garlic cv. 'Hoki', and effects of photoperiod and fertilizer on secondary-growth rates of lateral buds in two cultivars.

1) When lateral buds grew secondarily, each of them developed one or more foliage leaves and then formed a small bulb which was similar in structure to either a single-cloved bulb, an intermediate bulb or a normal bulb formed on a main axis. However, most of inflorescences formed on lateral buds were poor in development.

2) When secondary growth of lateral buds ended earlier and these buds had one or two foliage leaves, they formed small single-cloved bulbs. When lateral buds developed three or more foliage leaves before bulbing, these buds formed both inflorescences and secondary cloves (formed on axils of foliage leaves of lateral buds). In cv. 'Hoki', very few intermediate bulbs were formed in secondarily growing lateral buds.

3) In cv. 'Yamagata', no secondary growth occurred when grown under the natural daylength, but heavy secondary growth occurred under 8-h photoperiod. In cv. 'Hoki' grown under 8-h photoperiod, almost all lateral buds grew vegetatively, developing into primary lateral shoots, and the secondary lateral buds (formed on axils of the primary lateral shoots) also grew vegetatively, developing into secondary lateral shoots, and these shoots formed tertiary cloves on the axils.

4) When cv. 'Hoki' in the field was grown under 16-h photoperiod or giving night-breaks of two hours from the time just before lateral bud differentiation, secondary growth of the lateral buds was completely inhibited.

5) Nitrogen shortage for two or more weeks in a 4-week period before and after lateral bud differentiation inhibited secondary growth. A high nitrogen supply during the 4-week period promoted

secondary growth. Phosphorus and potassium supply had no effect on secondary growth.

6) When nitrogen application just after winter was delayed after lateral buds differentiated—but before the first-leaf differentiation of the lateral buds, secondary-growth rates reduced considerably, and bulb yields reduced slightly.

I. 緒 言

ニンニクの二次生長は以前から暖地の種球冷蔵早出し栽培で発生が多く^{2,3,6-8)}、寒地でも近年一部地域で発生が見られ問題になっている¹⁾。また、暖地の普通栽培で一部の北方系品種を栽培した場合に見られることがある。二次生長の発生原因に関する報告は著者の既報の4報^{10-12,14)}以外にも少なからずあり^{1-4,6-8,18)}、これらの研究によって経済栽培で発生する二次生長の直接的な発生原因は短日、品種条件及び多肥などの栄養生長を促進する条件であることが明らかにされた。また、実験的にはサイトカイニンやエセフォン処理が発生を促進することを著者は明らかにしている¹¹⁾。しかし、これまでの報告の多くは栽培上の二次生長発生防止対策に主眼がおかれていて、二次生長の形態学的及び生長・発育生理学的な研究は少なく、二次生長の形態一つとってみても山田¹⁸⁾の比較的簡単な記載があるのみで、二次生長にはどのような形態のものが生ずるかについては不明な点がある。また種々の形態の二次生長の発生頻度はどれくらいであるのかについては全く不明である。さらに二次生長の発生機構に関しても、発育生理学的な観点から掘り下げた報告は少なく^{1,12)}不明な点が多い。そこで本報告では、二次生長の形態的変異の範囲を明らかにするため多数のサンプルを供試して、そこに現れる様々なタイプの二次生長を統計的に分類整理し、ニンニクの二次生長発生の様相を形態面から解明しようとした。また日長、肥料要素の二次生長に及ぼす影響についても実験検討し、二次生長の発生機構について本実験結果とこれまでの関連報告とを総合して、発育生理学的な面からの解明を試みた。

材料及び方法

実験 1. 二次生長の形態

収穫後外気温条件下で貯蔵した‘ほうき’の1個重が5.1~6.0gの側球を種球とし、1982年10月19日に圃場に植え付けた。栽植距離は株間15cm、条間20cmの4条植えとし、栽培管理は慣行に準じて行った

が、施肥量は第1表に示した通り慣行よりかなり多めとした。‘ほうき’は当地の自然環境条件下では普通栽培でも二次生長が発生しやすいが、さらに二次生長の発生を促すため多肥条件にしたものである。二次生長の発生を弱めると予想される一予備実験で確認—断根、摘葉あるいは遮光の処理を’83年5月2日に行った。断根処理は、処理を行おうとする各植物体の生えている位置を中心として地表上に5cmの正方形を描き、その辺に沿って深さ15cmまで作土に切り込みを入れてその間にある根を切断することによって行った。摘葉処理は、下位葉3枚を残して上位葉を切除することによって行った：実際には、残存させる下位葉が構成する葉鞘筒より上方に出ている内部葉を切除することによって行った。なお、この時点での植物体の生葉数は平均7.1枚(草丈42.5cm)であった。遮光処理は、5月2日から7月初めまで600番の黒寒冷紗を2重に被覆することによって行った(遮光率61%)。主軸の葉のほぼ総てが黄変した7月中旬に全個体を掘り上げて、二次生長、球重などの調査を行った。以下の実験でも特に記さない限り、以上の調査は株の黄変後に行った。

実験 2. 二次生長の発生に及ぼす日長の影響

(1) 短日処理と品種

1971年9月16日に‘山形’と‘ほうき’の1個重が3~5gの側球を圃場に条間20cm、株間15cmの3条で植え付けた。施肥(第1表)その他の栽培管理は慣行にしたがった。短日処理は’72年3月1日から7月2日までの期間毎日午後5時から翌朝午前9時までニンニクの植わっている畦を2重の(アルミ微粉末をポリエチレンにはさみこんだ3層構造の)シルバーフィルムでトンネル状に覆って完全遮光し、8時間日長に設定した。対照区は自然日長とした。なお、8時間日長区のシルバーフィルム被覆時の温度を外気温になるべく等しくするため、トンネルにファン付の吸気及び排気筒を設けて強制換気した。二次生長の調査を自然日長区では地上部の約1/2~2/3が黄変した時期に行ったが、短日処理区では‘山形’は7月2日に‘ほうき’

Table 1. Fertilizer application rates in each experiment (kg/a).

	Exp. 1 Field	Exp. 2-1 Field	Exp. 2-2 Pot ^y	Exp. 3-1 Field
Basal dressing ^z				
Application rate { N	1.75 kg	0.5 kg	... ^x	0.74 kg
P ₂ O ₅	7.31	2	... ^x	2.48
K ₂ O	1.41	0.5	... ^x	0.74
Topdressing				
Type of fertilizer	Solid	Solid	Liquid	Liquid
No. of times of dressing	2 ^w	1 (2) ^v	5 ^u	5 ^u
Total rate of top-dressing { N	4.11	0.8 (1.6)	3.21	1.19 ^t
P ₂ O ₅	None	0.5 (1.0)	4.68	1.77 ^t
K ₂ O	4.11	0.7 (1.4)	2.65	0.98 ^t

^z NPK compound fertilizer and fused magnesium phosphate were applied.

^y Soil culture in Wagner pots of 1/5000 a (a plant/pot).

^x Fertile soil was used as pot soil.

^w N and K (as K₂O) of 1.83 kg/a were applied to field-grown garlic on Mar. 28, and then those of 2.28 kg/a on May 2.

^v Readily available compound fertilizer (N: 0.8 kg/a, P₂O₅: 0.5 kg/a, K₂O: 0.7 kg/a) was applied to cv. 'Hoki' and cv. 'Yamagata' in the end of March, and the same rate by the same fertilizer was applied to only cv. 'Hoki' early in May. Total rates of topdressings to cv. 'Hoki' in brackets.

^u See the text for application methods.

^t These figures express the rates of NPK-treatment. In N-treatment, the figures of P₂O₅ and K₂O should be replaced with zeros; in NP-treatment, the figure of K₂O with zero, and so forth. Nitrogen application rates in N- and NK-treatments should be replaced with 1.17 kg/a (see NH₄⁺ concentration in table 2).

は8月24日に株を掘り上げて行った。短日処理区のニンニクは両品種とも掘り上げ時点ではまだ緑葉が多く、球の肥大もあまり進んでいなかった。

(2) 長日処理

1979年10月14日に「ほうき」の1個重が9.0~12.0gの側球を1/5000aのワグナーポットに、慣行床土を培土として1球ずつ植え付け、戸外で栽培した。適期より約半月遅く植え付けたので、ポットを透明ビニールでマルチングして発芽の促進を図った。11月9日には100%発芽したのでマルチを取り外した。翌春4月2日から5月27日まで2週間に1回、第2表に示した追肥用の液肥を150ml/ポットずつ施用し(計5回)、追肥量をかなり多めとした(第1表)。長日処理は4月10日から5月15日まで戸外で行った。16時間日長区

は100ワットの白熱電球を日の出前及び日の入り後に補光して、午前4時から午後8時までを明期とした(5月1日における日の出時刻は午前4時43分、日の入り時刻は午後6時29分)。暗期中断区は自然日長の暗期のはほぼ真ん中にあたる午後10時30分から午前0時30分までの2時間を100ワットの白熱電球で照射した。5月15日以降はすべての区を自然日長下に置いた。なお、4月10日、5月10日、5月20日における日の出から日の入りまでの時間に40分をプラスした時間(自然日長に相当)はそれぞれ13時間39分、14時間46分、15時間3分であった。花序・側芽の分化時期の調査は、4月2、15、29日、5月13日に6株ずつ掘り上げて行った。二次生長、球種などの調査は地上部が黄変してから株を掘り上げて行った。

実験 3. 二次生長の発生に及ぼす肥料要素の影響

(1) 圃場栽培実験

‘ほうき’の1個重が4.0~6.0gの側球を1979年9月25日に実験2の(1)と同様の栽植密度で圃場に植え付けた。基肥は慣行にしたがい、追肥の種類と時期を変えて二次生長の発生に及ぼす影響を調べた。追肥はすべて液肥として2週間に1回の割合で5回に分けて与えた。処理の種類は以下の通りである：無追肥；N, P, K, NP, NK, PK, あるいはNPKを含む各液肥を4月1日から5月27日まで2週間に1回の割合で5回施用；NPKを含む液肥を4月15日から6月10日まで2週間に1回の割合で5回施用；NPKを含む液肥を4月29日から6月24日まで前記同様に施用。各液肥の成分・濃度を第2表に示した。1処理30球を15鉢ずつの2ブロックに分け、計10処理20ブロックを圃場にランダムに配置し、前記の液肥を1ブロックごとに1回につき2リットル与えた。したがって、1a当たりの追肥総量は第1表に示す通りとなる。

(2) 砂耕栽培実験

1979年10月14日に‘ほうき’の1個重が4.0~6.0gの側球を5号素焼鉢に、山砂を培土として1鉢ずつ植え付け、翌春4月12日に鉢を戸外に出すまでは無加温ガラス室で栽培した。10月24日から翌春3月31日まで鉢の砂の表面が乾けば第2表に示した砂耕用培養液を水道水と交互に灌水代りに与えた。3月26日に全鉢に水道水を灌水し、4月9日から肥料欠除栽培を開始した。肥料欠除処理の期間は4月9日~5月6日、4月22日~5月13日、5月6日~5月27日の3種類とし、肥料欠除開始日に鉢に多量の灌水を行い、それまでに施用してきた培養液の、砂に残留している成分をなるべく洗い流すようにした。この操作によって、少なくとも窒素成分はほとんど溶脱したものと思われる。肥料欠除期間は水道水（N：ほとんど含有なし、P：0.003 mM, K：0.027 mM）の灌水のみとし、その他の期間と対照区は収穫直前まで1週間に2回上記の培養液を2リットル/15鉢ずつ与えた。

Table 2. Compositions of liquid fertilizers used in the field experiments and a nutrient solution used in the pot experiment by sand culture (expressing concentration in mM).

	Exp. 2-2 liquid fertilizer ^z	Exp. 3-1 Liquid fertilizer ^y							Exp. 3-2 Nutrient solution ^x
		P	K	PK	N	NP	NK	NPK	
NH ₄ ⁺	61.2	—	—	—	60	61.2	60	61.2	4
NO ₃ ⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	4
HPO ₄ ²⁻ and H ₂ PO ₄ ⁻	17.6	18	—	18	—	17.6	—	17.6	2
K ⁺	15	—	15	15	—	—	15	15	2
Ca ²⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Mg ²⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5
SO ₄ ²⁻	15	—	—	—	30	15	30	15	1.5
Fe-EDTA	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05
H ₃ BO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05
Mn ²⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01
Cl ⁻	15	—	15	15	—	—	15	15	0.02
Na ⁺	—	18	—	18	—	—	—	—	—

^z Source: (NH₄)₂SO₄, KCl, (NH₄)₂HPO₄, NH₄H₂PO₄.

^y Source: P→NaH₂PO₄·2H₂O; K→KCl; PK→NaH₂PO₄·2H₂O, KCl; N→(NH₄)₂SO₄; NP→(NH₄)₂SO₄, (NH₄)₂HPO₄, NH₄H₂PO₄; NK→(NH₄)₂SO₄, KCl; NPK→the same as the liquid fertilizer of the experiment 2-2.

^x Source: NH₄NO₃, Ca (H₂PO₄)₂·H₂O, K₂SO₄, MgSO₄·7H₂O, MnCl₂·4H₂O.

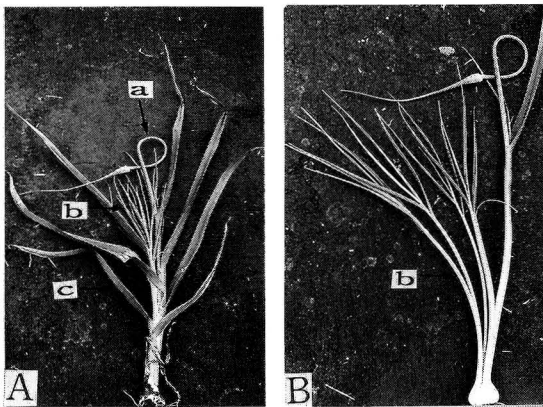


Fig. 1. Secondary growth of cloves in cv. 'Hoki'.
(A) An intact plant; (B) the plant with foliage leaves of the main axis removed.
(a) Scape of a main axis; (b) secondarily growing clove, that is, primary lateral shoot which a lateral bud developed into, growing vegetatively (the lateral bud did not develop into a normal clove, making secondary growth); (c) foliage leaf of the main axis.

結果及び考察

二次生長の形態(実験1)

ニンニクの二次生長とは第1図及び第2図に示されるように、ある条件下で側芽の最初の1～数葉が葉身を発達させて普通葉になり、この葉がりん茎の外部に抽出する現象のことを言う^{17,18)}。二次生長せず正常な側球を形成する場合には、側芽第1葉は葉身の伸長しない保護葉に、第2葉も葉身の伸長しない貯蔵葉(りん片葉)に発達するが、貯蔵葉の肥大の進行とともに内部の芽の休眠が深くなり第3葉以下は幼葉ないし葉原基の段階にとどまるので¹²⁾、側球肥大中にこれらが普通葉として抽出することはない。二次生長した側芽は、発達した普通葉葉腋に二次側球(二次りん片)を形成することが多い—いわゆる二次分球。暖地産ニンニク品種の中には品種特性として、通常の条件下でも二次分球して二次側球を形成するものがあるが⁹⁾、この場合には通常、側芽に普通葉の発達が見られないので、二次生長とは言わない。

第3表に、'ほうき'を多肥条件下で普通栽培した場合に発生した二次生長を一次側芽単位で生長型別に分

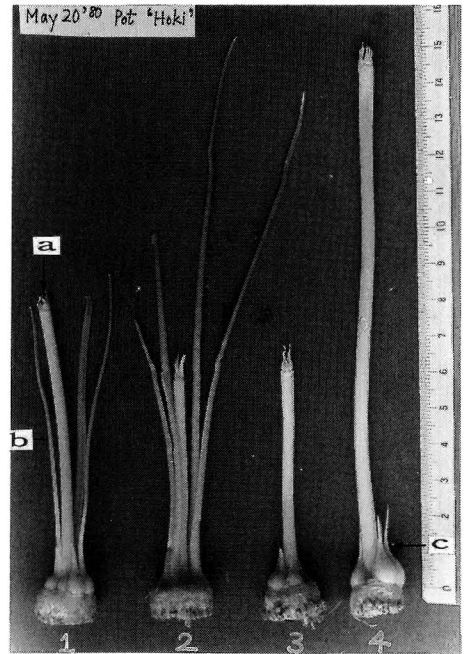


Fig. 2. Cv. 'Hoki' plants presently after secondary growth began; about one month after the first-leaf primordia of lateral buds differentiated. The foliage leaves of the main axes were removed. In the plants of nos. 1 and 2, some lateral buds made secondary growth, but in the plants of nos. 3 and 4 all lateral buds developed into normal cloves. (a) Scape; (b) secondarily growing clove; (c) normally developing clove.

類し、合わせてそれらの発生数も示した。なお、一次側芽が二次生長しない場合はそれぞれが1個の側球(一次側球)になる。無処理区は54株を、断根、摘葉、遮光の各処理区はそれぞれ12, 19, 15株を調査した。

二次生長は側芽—以後単に側芽と記せば一次側芽のことを指すものとし、側球も同様とする—に普通葉が発達展開することで特徴付けられるが、二次生長した側芽の発達には主軸の発達に似ていた—異なる点もあるがそれは後述する。実験1で見られた側芽の二次生長の型は、大きく2種類に分けられた。1つは1個の側芽に形成される側球が1個のみにとどまる場合(すなわち二次側球が形成されない場合)であり、主軸における—りん片球(丸球、一ツ玉球)の形成に似てい

Table 3. Types of secondary growth and frequency of occurrence of these types in cv. 'Hoki' grown under heavy fertilizer dressing.

Growth type of lateral bud	Leaf arrangement of lateral bud	No. and percent of lateral buds classified by growth type									
		Control		Root pruning		Defoliation		Shading		Total	
Normal growth											
Normal-clove formation, developing no foliage leaf	PL1+SL1	153	41.5%	52	65.8%	72	54.5%	50	53.8%	327	48.6%
Secondary growth											
Some of the first leaves of each lateral bud grow their blades and develop into green foliage leaves before storage-leaf formation											
Level I: one primary clove per lateral bud, forming no secondary clove	FL1+SL1	11		3		3		6		23	3.4%
	FL1+PL1+SL1	18		5		2		6		31	4.6%
	FL2+SL1	33		5		25		10		73	10.8%
	FL2+PL1+SL1	1		2		0		0		3	0.4%
	FL3+SL1	8		0		2		0		10	1.5%
	Subtotal	71	19.2%	15	19.0%	32	24.2%	22	23.7%	140	20.8%
Level II: one primary clove and one or more secondary cloves per lateral bud, forming no inflorescence on a lateral bud (shoot)	FL3, SL2	2		1		0		0		3	0.4%
	FL4, SL3	2		0		0		0		2	0.3%
	Subtotal	4	1.1%	1	1.3%	0	0.0%	0	0.0%	5	0.7%
Level III: each lateral bud forms both an inflorescence and some secondary cloves											
III-a: forming an aborted inflorescence or an inflorescence with a short and thin scape and sometimes with two or less bulbils	AX1, SL1	1		0		0		1		2	0.3%
	AX1, SL2	1		0		0		0		1	0.1%
	AX1, SL3	1		0		0		0		1	0.1%
	AX2, SL2	21		3		3		7		34	5.1%
	AX2, SL3	18		1		8		7		34	5.1%
	AX2, SL4	15		3		7		1		26	3.9%
	AX2, SL5	1		0		1		0		2	0.3%
	AX2, SL6	1		0		0		0		1	0.1%
	AX2, SL7	1		0		0		0		1	0.1%
	AX3, SL3	11		2		0		0		13	1.9%
	AX3, SL4	6		1		0		0		7	1.0%
	AX3, SL5	6		1		0		0		7	1.0%
	Subtotal	83	22.5%	11	13.9%	19	14.4%	16	17.2%	129	19.2%

III-b: forming an inflorescence with a long and thick scape and with no bulbil, or with a medium-size scape and with two or less bulbils	AX1,SL2	1		0		0		0	1	0.1%	
	AX1,SL3	0		0		1		0	1	0.1%	
	AX2,SL2	4		0		0		0	4	0.6%	
	AX2,SL3	5		0		1		4	10	1.5%	
	AX2,SL4	4		0		0		1	5	0.7%	
	AX2,SL5	2		0		0		0	2	0.3%	
	AX3,SL4	1		0		0		0	1	0.1%	
	AX3,SL5	2		0		0		0	2	0.3%	
	Subtotal	19	5.1%	0	0.0%	2	1.5%	5	5.4%	26	3.9%
III-c: forming an inflorescence with a long and thick scape and with 6 to 19 bulbils (mean: 11.8)	AX2,SL2	4		0		0		0	4	0.6%	
	AX2,SL3	8		0		1		0	9	1.3%	
	AX2,SL4	14		0		6		0	20	3.0%	
	AX2,SL5	4		0		0		0	4	0.6%	
	AX3,SL3	1		0		0		0	1	0.1%	
	AX3,SL4	2		0		0		0	2	0.3%	
	AX3,SL5	6		0		0		0	6	0.9%	
	Subtotal	39	10.6%	0	0.0%	7	5.3%	0	0.0%	46	6.8%
Total of level III-a, -b, -c		141	38.2%	11	13.9%	28	21.2%	21	22.6%	201	29.9%
Total		369	100.0%	79	100.0%	132	100.0%	93	100.0%	673	100.0%

PL : protective leaf. FL : foliage leaf. SL : storage leaf. AX : axil.

FL2+PL1+SL1 : two foliage leaves were outermost, within the inside foliage leaf was a protective leaf, within the latter was a single storage leaf.

FL3, SL2 : this secondarily growing clove consisted of three foliage leaves and two storage leaves (one primary and one secondary cloves).

AX2, SL6 : six secondary cloves were formed on the uppermost two axils of foliage leaves.

た（以後一りん片球形成型と呼ぶ）。この型は後述するように二次生長の程度が外観上最も弱く見えたので、二次生長のレベルをⅠとした。もう一つは二次側球が形成される場合である。この場合はさらに、一次側芽の頂端に花序か中心球（頂端に形成されるりん片→これは一次側球）のどちらが形成されるかで2種類に分けられた。花序を形成する場合は主軸の正常な花序形成の場合に似ており（以後、花序形成型と称する）、中心球を形成する場合は主軸における中間型球の形成¹³⁾の場合に似ていた（以後、中間型球形成型と称する）。外観上の二次生長の程度は花序形成型が最も強く、中間型球形成型はこれより弱く見えたので、前者の二次生長のレベルをⅢとし、後者の二次生長のレベルをⅡとした。なお、実験1では二次側芽はすべて二次生長せず、二次側球に発達したが、短日処理を長期間続けた場合には（実験2-1）、二次側芽も二次生長するものが生じた。

側芽に二次側球が形成されないタイプはさらに以下の5型に分類された（側芽第1葉が普通葉化することは共通）：(1)第2葉が貯蔵葉化する；(2)第2葉が保護葉（葉身の発達しない葉）になり第3葉が貯蔵葉化する；(3)第2葉も普通葉化し第3葉が貯蔵葉化する—この型は発生割合が最も高かった（あらゆる二次生長のタイプの中で）—；(4)第2葉が普通葉化して第3葉が保護葉になり第4葉が貯蔵葉化する—この型は発生が極めて少なかった—；(5)第2、3葉が普通葉化し第4葉が貯蔵葉化する。理論的には最後の型に保護葉が形成されるタイプすなわち、第2、3葉が普通葉化して第4葉が保護葉になり、第5葉が貯蔵葉化する型が考えられるが、この型は見られなかった。

側芽に花序が形成されずに二次側球が形成されるタイプは発生数が極めて少なかった。このタイプの二次側球の形成の様子は中間型球形成の場合と同様であった。このタイプには以下の2型が見られた：側芽の第1～3葉までが普通化して、第3葉の葉腋に1個の二次側球と側芽の頂端に中心球が形成される（3例）；第1～4葉までが普通葉化して、第3及び第4葉の葉腋に二次側球が1個ずつと側芽の頂端に中心球が形成される（2例）。

側芽に花序と二次側球が形成されるタイプのこれらの形成の様子は、主軸の花序・側球形成の場合と大体似ていたが、花茎・珠芽・二次側球が数量・サイズの点で主軸のものに比較して劣っていたこととは別に次

の2点で質的な違いが見られた：花序の發育程度の変異が大きかったこと；二次側球を形成した葉腋数が主軸では調査した100株のすべてが例外なく2葉腋であったのに対して二次生長側芽では1～3葉腋と変異があったこと—無処理株では花序を形成した二次生長側芽141個の25%は3葉腋にわたって二次側球を形成した（第3表）。この花序形成型の側芽のほとんどは第1～3ないし4葉までが普通葉に発達して第4節ないし第5節に花序を形成したが、ごく1部の側芽（201側芽のうち7側芽）は第5葉も普通葉化して第6節に花序を形成した。この5葉を持つ側芽の二次側球数は3または4個で、3、4葉を持つ側芽での最大二次側球数の7個に比べるとかなり少なく、側芽の展開普通葉数と二次側球数あるいは二次側球形成葉腋数との間には比例的関係は認められなかった。花序を形成した二次生長側芽では、展開普通葉数が1、2枚程度異なるだけでは外観上二次生長の強弱の程度に差がほとんど認められず、むしろ花序の發育程度や二次側球数が二次生長の外観上の強弱に影響していると思われた。そこで、花序形成型の細分類の基準として花序の發育程度を採用し、さらにその下位の分類基準として二次側球形成葉腋数と二次側球数を採用することにした。

花序の發育程度には以下の5段階が区別された：(1)花序の發育が最も良好で、太く長い花茎が偽莖の外部上方に高く伸び、その頂端に1花序当たり6～19（平均±SD=11.8±3.7）個の珠芽を着生する（珠芽重/花茎=2.0±0.8g）；(2)花茎は(1)と同程度の大きさに発達するが珠芽の着生はない；(3)花茎は(1)より細く短いが母りん茎よりは長く伸びて、珠芽が母りん茎の外部上方に見られる——着生珠芽数は(1)より少なく1～2個である；(4)花茎が(3)より一層短く、珠芽が母りん茎内にとどまる——着生珠芽数は1～2個である；(5)花序の發育が途中で座止して、細く短い花茎の残存基部のみか、あるいは花序全体が退化して薄膜状になったものが小りん茎内部に見られる。以上の5段階の花序發育程度を識別するためには、りん茎を分解する必要がある。一方、外観上からはこれらの發育程度は次の3型にまとめられる：發育の良好な型→(1)；發育の中間度の型→(2)と(3)；發育が劣り、花序が母りん茎内にとどまる型→(4)と(5)。

花序の發育の良好な型—第3表ではレベルⅢ-cにまとめた—は二次側球が止葉々腋以下連続する2ないし3葉腋にわたって形成され、1側芽当たり二次側球

が平均3.8個形成された。この型の発生率は無処理株では全側芽の10.6% (花序形成した側芽の27.7%) であったが、外観上最も強い二次生長状態を呈していた。

花序の發育の中程度の型—第3表ではレベルⅢ-bにまとめた—は二次側球が止葉々腋のみあるいは以下の連続する計2ないし3葉腋にわたって形成され、1側芽当たり二次側球が平均3.3個形成された。この型の発生率は無処理株では全側芽の5.1% (花序形成した側芽の13.5%) であった。この型も外観上強い二次生長状態を呈していた。

花序の發育が劣り、花序が母りん茎内にとどまるタイプ—第3表ではレベルⅢ-aにまとめた—は二次側球が上記Ⅲ-bと同様に形成され、1側芽当たり平均3.1個形成された。この型の発生率は無処理株では全側芽の22.5% (花序形成した側芽の58.9%) であった。この型の外観上の二次生長の状態は上記のレベルⅢ-b, cに比べると程度がやや弱かった。

断根、摘葉、遮光の各処理を行うといずれも二次生長側芽の割合が減少した(第3表)。しかし、処理区の1株当たりの球重(地下りん茎重)も減少した(第4表)。球重の減少は断根区で最も大きく、次いで摘葉、遮光両区が同程度の減少であったが、二次生長側芽数の減少は球重の減少が大きい区ほど大きかった(第3, 4表)。処理区での側芽の二次生長のレベル別発生率は、無処理区の場合と比べてレベルⅠが同じかやや高くなったが、レベルⅡは同じか低い傾向を示し、レベルⅢはかなり低くなった。特に断根区ではレベルⅢの発生率が著しく低くなった。これらのことは、二次生長しにくくなる条件下では側芽に花序形成が起りにくくなることを示している。さらに、処理区はレベルⅢの中でも(c)の発生が少なくなり、処理区の花序を形成した側芽中の(すなわちレベルⅢの二次生長をした側芽中の)レベルⅢ-aの相対的割合は無処理区のものに比べて大きくなった—(a)の割合は無処理区では58.9%, 処理区では76.7%, 特に断根区では100%。このことは、二次生長しにくくなる条件下では花序形成しても花序の發育が不良になることを示している。なお、レベルⅡの発生は無処理及び処理区とも極めて少なかったが、この型すなわち中間型球型は形態形成上、レベルⅠの一りん片球型とレベルⅢの花序形成型の中間の型であると考えられる¹³⁾。

一りん片球型の二次生長側芽の普通葉数は大抵1か2枚で、1部3枚のものがあつた。中間型球型及び花

Table 4. Secondary-growth rate and bulb weight of cv. 'Hoki' plants (the experiment of table 3).

	Control	Root pruning	Defoliation	Shading
No. of plants	54	12	19	15
No. of lateral buds per plant	6.8±0.2[6~9] ^a	6.6±0.5[6~9]	6.9±0.4[6~10]	6.2±0.5[5~8]
Total no. of primary and secondary cloves per plant	13.3±0.8[6~20]	8.8±1.8[6~14]	10.5±1.4[6~15]	8.5±1.6[6~12]
Percent of plants with one or more secondarily growing lateral buds	98.1	100	89.5	93.3
Percent of plants with one or more lateral buds of less-marketable secondary growth ^y	92.6	66.7	78.9	86.7
Percent of plants with one or more lateral buds of heavy secondary growth ^x	61.1	0	42.1	33.3
Bulb wt (g)	Mean { 95% confidence upper limit 95% confidence lower limit	36.20 41.71 30.69	44.45 48.83 40.06	47.19 52.13 42.26

^a Mean ± 95% confidence interval [minimum ~ maximum of data].

^y The secondary growths of the level II and/or III; these secondary growths lessen marketable values of bulbs, but the secondary growth of the level I hardly does them.

^x The secondary growths of the level III-b and/or -c.

序形成型のそれらは大抵3か4枚で1部に5枚のものがあつた。このことから、側芽に花序が分化するためには最少葉数として3枚ないし4枚の普通葉が必要であると考えられる。側芽分化後日長が長くなるとともに貯蔵葉化の条件が整ってくるが、この時期が比較的早いと二次生長しても側芽の普通葉化は第1葉ないし2葉にとどまり、花序形成することなく、二次生長はレベルⅠにとどまると考えられる。しかし、貯蔵葉化作用の強くなる時期が遅れ、側芽の第3、4葉まで普通葉化すると花序形成し、強い二次生長を起こすことになると考えられる。

なお、第4表には株単位の二次生長発生率を示したが、レベルⅠの二次生長は商品としての利用上あまり問題はなと考えられるので、このレベルの二次生長を除外した実二次生長株率（表中では“実二次生長”を“less-marketable secondary growth”で示した）、さらに側芽の花茎が外部にあらわれたもの（レベルⅢのbとc）は外観上激しい二次生長に見えるのでこれを強二次生長としてその発生株率を示した。断根などの二次生長抑制処理を行ってもほとんど総ての株が二次生長をしたが、実二次生長株率及び強二次生長株率は処理を行うと減少し、特に断根区では強二次生長株は見られなかった。

なお、山田¹⁸⁾は、二次生長は側芽中で早期に分化したものに起こりやすいと述べているが、本実験で止葉々腋と止葉直前葉々腋の側芽について比較したところ、後者の方が分化は一般に早いこれらの二次生長の発生率が止葉々腋のものより高いという明白な傾向は認められなかった。

二次生長の発生に及ぼす日長の影響

短日処理と品種（実験2-1） 山形は自然日長下では全く二次生長が発生しなかったが、8時間日長下ではほとんどすべての側芽が二次生長し、その程度も半数が二次側球を形成するレベルⅡ以上の二次生長であった（第5表）。一方、‘ほうき’は自然日長下では二次生長側芽の率は13%にとどまったが一施肥量が普通であるため、実験1に比べて二次生長の発生率がかなり低かったが、‘ほうき’の二次生長の発生率は普通栽培では通常この程度である—8時間日長下ではすべての側芽がレベルⅡ以上の二次生長を行なって普通葉を展開し、側枝に発達した。これらの側枝の86%は花茎を発達させ、各側枝は発達した普通葉々腋に二次側芽を平均3.8個形成した。さらにこれらの二次側芽の

Table 5. Effect of short photoperiod on secondary growth and bulb weight of garlic grown in the field.

Cultivar	Daylength	No. of plants	Observation date	No. of primary lateral buds per plant	Rate of secondary growing lateral buds ^x	Percent of secondarily growing lateral buds			No. of secondary lateral buds ^a per plant	No. of secondary lateral shoots per plant ^t	Bulb wt (g)
						Level of secondary growth					
						I, II&III	II&III ^w	III-b&-c ^v			
Yamagata	Control ^z	34	Jul. 2	4.5±0.3{3~6} ^y	0/152	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.3±3.0 ^s
	8 hours	4	Jul. 2	6.0±3.4{3~8}	23/ 24	95.8	50.0	16.7	10.5±5.4{6~14}	0.0	5.8±4.7
Hoki	Control ^z	8	Jul. 17	6.8±0.6{6~8}	7/ 54	13.0	11.1	0.0	8.6±2.3{6~15}	0.0	31.9±7.1
	8 hours	4	Aug. 24	5.5±0.9{5~6}	22/ 22	100.0	100.0	86.0	20.8±4.0{18~24}	18.8±4.8{15~22}	...

^z Natural daylength.

^y Mean ± 95% confidence interval (minimum ~ maximum of data).

^x Number of lateral buds of secondary growth/total number of lateral buds.

^w Less-marketable secondary growth.

^v Heavy secondary growth.

^u Number of the lateral buds formed on axils of primary lateral shoots; when primary lateral buds made secondary growth, they developed into primary lateral shoots.

^t Number (per plant) of the secondary lateral buds which made secondary growth, expanding foliage leaves.

^s Mean ± 95% confidence interval.

90% (調査した全二次側芽83個中75個) は二次側球にならずに普通葉を展開して二次側枝に発達した。その結果、緑葉をもつ二次側枝が1株当たり18.8本も叢生する状態を呈した(第3図)。二次側枝の92% (75本中69本) は三次側球を形成したが、残りの二次側枝(6本) は植物体が7月2日から8月24日まで自然の長日下(約15時間20分～14時間日長) に置かれたにもかかわらず、8月24日の時点でも貯蔵葉(三次側球) を形成しない栄養生長側枝にとどまった。

長日処理(実験2-2) この年度の圃場での「ぼうき」の側芽の分化時期は下記の実験3-1の結果に記したように、側芽原基が4月15日前後で、側芽第1葉が4月29日前後であった。したがって、長日処理を側芽原基の分化直前から開始したことになる。

自然日長区では13%の側芽が二次生長し、レベルII

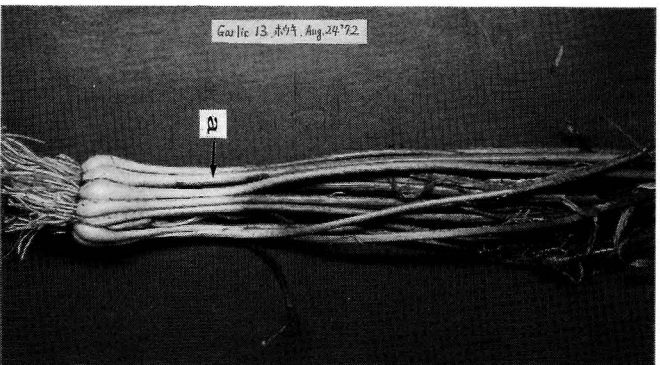


Fig. 3. Extremely heavy secondary growth of cv. 'Hoki' grown under 8-h photoperiod. All foliage leaves of both the main axis and the primary lateral shoots died down, coming off. Many secondary lateral shoots, which developed from secondary lateral buds on axils of the primary shoots, were produced. (a) Secondary lateral shoot.

Table 6. Effect of long photoperiod and night break on secondary growth and bulb weight of cv. 'Hoki' grown in pots.

Photo-period	No. of plants	No. of lateral buds per plant	Rate of secondarily growing lateral buds*	Percent of secondarily growing lateral buds		Percent of plants with one or more secondarily growing lateral buds		Bulb weight (g)		
				Level of secondary growth		Level of secondary growth		Mean	95% confidence limit	
				I, II&III	II&III*	I, II&III	II&III*		Upper	Lower
Control ^z	32	8.2±1.5 ^y	35/262	13.4	8.4	50.0	46.9	35.13	36.61	33.65
16 hours	15	8.1±2.2	0/121	0.0	0.0	0.0	0.0	33.87	36.03	31.70
Night break	16	8.6±2.1	0/137	0.0	0.0	0.0	0.0	34.45	36.54	32.36

^z Natural daylength.

^y Mean±95% confidence interval.

^x See the footnote ^x of table 5.

^w Less-marketable secondary growth; in this experiment, the secondary growths of the level III-b and -c did not occurred.

以上の二次生長側芽を1個以上もつ株が47%生じた(第6表)。しかし、16時間日長処理及び暗期中断処理を行うと二次生長の発生はゼロになった。このことは、側芽分化時の自然日長(4月15日:約13時間50分;4月29日:約14時間25分)が'ほうき'の正常な側球形成にとっては短すぎることを示している。花序・側芽の分化開始は主として温度によって左右されるので、'ほうき'を当地より緯度の高い地方あるいは同緯度でも高地で栽培するならば、気温が側芽分化を起こす程度に上昇したときには日長がより長くなっており、二次生長が起こりにくくなると予想される。'ほうき'は当地方より高緯度地方の栽培に適応した品種であろう。

二次生長の発生に及ぼす肥料要素の影響

圃場栽培での春季の追肥の種類と時期(実験3-1)

追肥を行わないか、リン酸かカリのみをあるいは両方を含む液肥を4月1日から追肥した場合には二次生長の発生は極めて少なかった(第7表)。しかし、窒素を含む液肥を4月1日から追肥すると二次生長の発生が著しく増加した。窒素にリン酸やカリを混用しても二次生長の発生への窒素単用以上の影響は特に見られなかった。

窒素・リン酸・カリ混合液肥の施用開始時期を4月15日にすると二次生長の発生率が4月1日から施用した区の約1/2に減少した。施用開始時期がさらに遅く4月29日になると二次生長の発生率はさらに若干低くなる傾向が見られたが、窒素無追肥区よりは高かった。一方、本実験と同様に栽培した別の株を4月1日から2週間間隔で6月10日まで解剖調査した結果、総苞原基分化時期は4月1日と15日との間、側芽原基の分化時期は4月15日前後、また側芽第1葉の分化時期は4月29日前後の時期であることが認められた。このことから、窒素追肥による二次生長の発生助長作用は、追肥を側芽原基分化の2週間前から行うと大きく、分化期ごろから行うと比較的小さくなり、側芽第1葉分化期ごろから行うとさらに小さくなると言える。

球重と追肥方法との関係は、二次生長の発生率と1点を除いてほぼ同様であった。同様な点は以下の通りであった:リン酸やカリのみの追肥では無追肥と同程度の球重で、窒素を追肥すると球重が増加し、窒素にリン酸やカリを混用しても窒素のみの場合と効果に差がなかった。異なる点は、窒素液肥の施用開始時期が遅れて4月15日になっても球重が減少せず、4月1日

Table 7. Effect of spring topdressings of liquid nitrogen, phosphate and/or potassium fertilizers and timing of fertilizer application on secondary growth and bulb weight of cv. 'Hoki' grown in the field.

Liquid fertilizer used ^z	Time of fertilizer application	No. of plants	No. of lateral buds per plant	Rate of secondary growth lateral buds ^a	Percent of secondarily growing lateral buds			Percent of plants with one or more secondarily growing lateral buds			Bulb weight (g)		
					Level of secondary growth			Level of secondary growth			95% confidence limit		
					I, II&III	II&III ^w	III-b&-c ^v	I, II&III	II&III ^w	II&III ^w	Mean	Upper	Lower
None	—	29	5.9±0.4 ^y	3/171	1.8	1.2	1.2	6.9%	6.9%	6.9%	37.21	40.73	33.70
P	Apr. 1-May 27	29	5.6±0.4	1/161	0.6	0.6	0.0	3.4%	3.4%	3.4%	40.95	44.46	37.43
K	Apr. 1-May 27	28	5.6±0.4	2/158	1.3	1.3	1.3	7.1%	7.1%	7.1%	37.09	40.67	33.51
PK	Apr. 1-May 27	28	5.4±0.4	0/150	0.0	0.0	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	37.74	41.31	34.16
N	Apr. 1-May 27	27	5.7±0.4	22/155	14.2	11.6	10.3	48.1%	44.4%	44.4%	50.23	53.87	46.59
NP	Apr. 1-May 27	30	6.3±0.4	30/190	15.8	14.2	11.6	56.7%	53.3%	53.3%	51.67	55.12	48.21
NK	Apr. 1-May 27	30	6.5±0.4	28/194	14.4	10.8	6.2	56.7%	43.3%	43.3%	51.94	55.40	48.48
NPK	Apr. 1-May 27	29	6.0±0.4	22/173	12.7	11.6	7.5	51.7%	48.3%	48.3%	49.48	52.99	45.96
NPK	Apr. 15-Jun. 10	30	6.0±0.4	12/179	6.7	4.5	2.8	33.3%	20.0%	20.0%	49.28	52.74	45.82
NPK	Apr. 29-Jun. 24	30	5.7±0.4	10/171	5.8	2.9	2.3	26.7%	16.7%	16.7%	45.45	48.90	41.99

^z See table 2 as to the compositions of these fertilizers.

^y Mean±95% confidence interval.

^x See the footnote ^x of table 5.

^w Less-marketable secondary growth.

^v Heavy secondary growth.

施用開始区と同様であったということである。窒素施用開始時期が4月29日になると球重が若干減少したが、窒素無追肥区よりはかなり大きかった。寒地でのニンニクの春の第1回目の追肥時期は高収量、裂球防止の点で融雪直後が良いとされるが、二次生長の発生防止のためには、最初の追肥時期は側芽原基分化期から側芽第1葉分化期の間が良いようである。

砂耕栽培での春季の時期別肥料欠除 (実験3-2) この実験は砂耕の鉢栽培という、ニンニクにとってはかなり厳しい条件下で栽培したため、生長が全体的に抑制され、二次生長の発生も少なく、生育期間中ずっと肥料を供給した対照区でも二次生長が発生した側芽の率は7%であった(第8表)。しかし、4月9日～5月6日肥料欠除区では二次生長の発生が一層減少してゼロになった。4月22日～5月13日肥料欠除区と5月6日～5月27日肥料欠除区も二次生長の発生が対照区よりも少なくなったが、ゼロにはならなかった。一方、側芽分化時期を明らかにするため、3月25日から5月22日まで2週間間隔で4株ずつ掘り上げて解剖調査した結果、側芽原基はほとんどのものが3月25日と4月8日との間に、またほとんどの側芽で第1葉は4月8日と4月22日との間に、第2葉は4月22日頃に分化したことが認められた。一分化時期が前記の露地栽培実験に比較して早かったのは植え付け後4月12日までガラス室で栽培したためであろう。したがって、4月9日～5月6日肥料欠除区は側芽第1葉分化期から約4週間肥料欠乏の状態にしたことになり、この時期の肥料欠乏は二次生長の発生を抑制したといえる。また、側芽第2葉分化期(4月22日)から、及びその2週間後(5月6日)から3週間肥料欠乏にした場合も二次生長をやや抑制したと言える。

球重は対照区が肥料欠除した3つの区より大きかったが、肥料欠除区の間では球重に差は見られなかった。

本実験の砂耕栽培での結果と前記の圃場栽培での実験結果とを総合すると以下のことが言えるであろう。側芽原基分化の2週間前から同分化8週間後までの期間中に3週間以上窒素不足の状態になると二次生長の発生が抑制されると言える。とくに、側芽原基分化期を中心とする前後4週間の期間中の窒素不足の影響が大きい。

二次生長発生の機構

本研究の結果及びこれまでの報告を総合して、二次生長の発生機構を考察すると以下のように言えるであ

Table 8. Effect of fertilizer shortage in spring on secondary growth and bulb weight of cv. 'Hoki' grown by sand culture.

Period of fertilizer shortage	No. of plants	No. of lateral buds per plant	Rate of secondary growing lateral buds ^y		Percent of secondary growing lateral buds	Percent of plants with one or more secondarily growing lateral buds	Bulb weight (g)		
			secondary growing	lateral buds ^y	secondary growing lateral buds	secondary growing lateral buds	95% confidence limit		
							Mean	Upper	Lower
Apr. 9~May 6	18	5.9±0.5 ^z	0/106		0.0	0.0	23.10	24.65	21.55
Apr. 22~May 13	18	5.8±0.4	4/104		3.8	16.7	22.74	24.29	21.18
May 6~May 27	18	5.8±0.5	3/105		2.9	16.7	21.72	23.28	20.17
Control	22	5.7±0.7	9/125		7.2	27.3	25.08	26.49	23.68

^z Mean±95% confidence interval.

^y See the footnote ^x of table 5; in this experiment, only the secondary growth of the level I occurred.

ろう。ニンニクは低温経過による春化によって、花序・側芽形成が可能になり、低温経過後平均気温が約8～9℃前後に上昇すると側芽が分化し、その2週間後に側芽第1葉が分化し、さらにその1週間後に側芽第2葉が分化する。この時期に植物体の体内条件がその時点の日長・温度に感応して貯蔵葉化体勢に入るならば正常な側球形成を行ない、側芽第1葉は保護葉へ、第2葉は貯蔵葉へと特殊な生長・発達を行うが、植物体は同時に休眠体勢に入るため、葉原基の通常の栄養生長は抑制され、側芽第3葉以下は葉原基の段階で生長が停滞する。この時期にサイトカイニンが処理されると、側芽の最初の1～数葉の普通葉化が誘起されるが、これはサイトカイニンがニンニク側球に対して休眠打破作用を示すこと¹⁵⁾と関連があると考えられる。すなわち、サイトカイニン処理によって側芽の休眠体勢への移行が抑制され、栄養生長を促進する結果となり、側芽の最初の数葉が普通葉化するものと考えられる。

一方、側芽分化後の日長が貯蔵葉化誘起には短すぎる場合、日長が貯蔵葉化誘起可能な長さに達する時期まで、側芽に形成された葉原基は普通葉として発達し、二次生長を行なう。この期間が長く、普通葉がある一定数以上（‘ほうき’では3、4枚）形成されると側芽の茎頂は花序形成可能になって、花序を形成するに至り、激しい二次生長を示す。

ところで、貯蔵葉化を誘起する日長は、遺伝的に同一のニンニクでも植物の体内条件によって異なってくるものと考えられる。側芽分化の2週間前から窒素が過剰に供給されると二次生長しやすくなるが、これはニンニクの芽の器管培養で培地の窒素濃度が高いほどシュートの栄養生長が促進され貯蔵葉化が抑制されること¹⁶⁾と同様、過剰に吸収された窒素が側芽の栄養生長を促進し、その結果二次生長して貯蔵葉化葉位が上昇したのと考えられる。阿部らは¹⁾、側球分化期前後約1ヵ月間に栄養生長が促進されるような条件、すなわち多肥、十分な土壤水分、高めの気温である場合に二次生長が多発しやすいと述べている。このような条件下では貯蔵葉化誘起限界日長が生理的に若干長くなるのであろう。そのため、栽培地での側芽分化期の自然日長が貯蔵葉化誘起の限界日長に近い品種は、多肥傾向のある最近のニンニク栽培では二次生長が時として多発することになるのであろう。なお、これとは逆の場合の栄養生長を抑制するような条件下では、すなわち断根、摘葉、強い遮光を行なった場合や鉢栽培

では二次生長の発生が減少したが、これらの条件は乾燥条件も含めて貯蔵葉化誘起限界日長を生理的に若干短くすることで側芽の側球化を促進し、二次生長の発生を減少させたのであろう。なお、タマネギでは、摘葉、強い遮光は球形成を抑制しており、これは長日刺激が弱くなるためであると考えられている⁵⁾。ニンニクの場合もこれらを強く行った場合には二次生長が増加するかもしれない。

前の項で二次生長しやすい‘ほうき’はより高緯度地方の栽培に適した品種であろうと述べたが、高緯度では冬季の低温経過期間が長くなる。低温経過量がある程度までは大きくなるほど貯蔵葉化を誘起する限界日長を短くするので¹²⁾、この点でも高緯度地方及び高地では二次生長が発生しにくくなると考えられる。

摘 要

ニンニクの二次生長の形態を品種‘ほうき’を供試して調べた。また2品種の二次生長の発生に及ぼす日長と肥料要素の影響を検討した。

1) 二次生長の形態は側芽の生長型の差異から3種類が区別された。これらの3種類の生長型は、主軸で見られる生長型である一りん片球形形成型、中間型球形形成型及び花序・側球を形成する正常型に対応していた。ただし、二次生長で形成される二次側球、花茎、珠芽は主軸の対応するものに比較して数量的及びサイズ的にかなり劣り、花序は发育の座止するものがかなり生じた。

2) 二次生長が比較的早く終了し、展開普通葉数が2枚以下の場合には側芽は二次分球せず、中心球のみを形成し、一りん片球形形成型と類似の生長型を示した。一方、側芽が普通葉を3枚以上展開させると大抵花序と二次側球を形成し、主軸の正常型と類似の生長型を示した。主軸の中間型球形形成型に類似した二次生長は、調査した‘ほうき’では発生が極めて少なかった。

3) 自然日長下では二次生長が全く発生しない‘山形’も8時間日長下では、激しい二次生長を起こした。8時間日長を長期間続けると‘ほうき’では側芽が発達した一次側枝もまた二次生長して二次側枝を発達させ、その葉腋に三次側球を形成した。

4) 露地栽培の‘ほうき’に対して側芽分化直前から16時間日長処理あるいは2時間の暗期中断処理を行うと、二次生長の発生が完全に抑制された。

5) 窒素が側芽分化期を中心とする前後4週間の時

期に2週間以上不足すると二次生長の発生が抑制された。逆にこの期間中に窒素が多量に供給されると発生が助長された。リン酸、カリの供給は二次生長の発生に影響を及ぼさなかった。

6) 春の窒素追肥の開始を慣行より若干遅らせて側芽分化期から側芽第1葉分化期の間にすると、球重はあまり減少せずに二次生長の発生が減少した。

引 要 文 献

- 1) 阿部 隆・吉池貞蔵・高橋慶一. 1985. ニンニクの二次生長に関する研究. 岩手園試研報. 6: 21-29.
- 2) 阿部泰典・木藤繁樹. 1975. ビニールハウス利用によるニンニクの早出し栽培. 農及園. 50(7): 898-902.
- 3) 阿部泰典・木藤繁樹・川下輝一・福岡省二. 1977. ニンニクの露地早採り栽培に関する研究. 徳島農試研報. 15: 1-6.
- 4) 青葉 高. 1966. ニンニクの球形形成に関する研究(第1報)タネ球の大きさ, 日長, 品種が球形形成及び花序の分化, 発育に及ぼす影響. 園学雑. 35: 284-290.
- 5) 加藤 徹. 1973. タマネギ. 生育のステージと生理生態. III. 球形形成の生理. 2. 結球開始の外的条件. 農業技術体系野菜編8. タマネギ. p 基27-32. 農文協. 東京.
- 6) 加藤 徹・福元康文・古藤英司. 1974. ニンニクの割れ玉発生に関する研究. 園学要旨. 昭49秋: 150-151.
- 7) 勝又広太郎. 1974. ニンニクの早出し栽培. 農及園. 19(9): 1147-1150.
- 8) 木藤繁樹・福岡省二・阿部泰典. 1975. ニンニクの早採り栽培に関する研究. 徳島農試研報. 14: 25-30.
- 9) 小川 勉. 1979. ニンニク①栽培技術(暖地). 桜井 昭編. 今月の農業—農業技術と資材—特別増大号. 続・野菜栽培の総合技術. p 223-225. 化学工業日報社. 東京.
- 10) 高樹英明・青葉 高. 1972. ニンニクの球形形成に関する研究(第5報)ニンニク側芽の二次生長現象について. 園学要旨. 昭47秋: 132-133.
- 11) 高樹英明・青葉 高. 1976. ニンニクの球形形成に関する研究(第6報)生長調節物質処理が生長と球形形成に及ぼす影響. 山形農林学会報. 33: 39-50.
- 12) 高樹英明. 1979. ニンニクの球形形成と休眠に関する研究. 山形大学紀要(農学). 8(別冊): 507-599.
- 13) 高樹英明・青葉 高. 1982. ニンニクの春植栽培に関する研究. 園学雑. 51: 318-328.
- 14) 高樹英明. 1983. ニンニクの二次生長の形態. 園学要旨東北支部. 昭58: 41-42.
- 15) 高樹英明. 1987. アサツキとニンニクの夏休眠の打破. 園学要旨. 昭62秋: 398-399.
- 16) 高樹英明. 1990. ニンニクの芽の組織培養における栄養分, 生長調節物質及び温度の影響. 山形大学紀要(農学). 11(1): 187-200.
- 17) 八鍬利郎. 1973. ニンニク・その他ネギ類. 生育のステージと生理生態. I. ニンニク. 3. 球の形成, 肥大と温度, 日長. (4) 實際上栽培上の問題点. ③二次生長. 農業技術体系野菜編8. ネギ・ニンニクその他ネギ類. p 基126-127. 農文協. 東京.
- 18) 山田嘉夫. 1963. 蒟の栽培に関する実験的研究. 佐賀大学農学彙報. 17: 1-38.